

**Producing base, especially for wind power system tower, involves installing base segment on clean layer in base bed with distributed supporting rods, strengthening, casting rest of base bed**

**Patent number:** DE10226996

**Publication date:** 2003-04-10

**Inventor:** WOBBEN ALOYS (DE)

**Applicant:** WOBBEN ALOYS (DE)

**Classification:**

- **international:** E02D27/42; F03D11/04

- **european:** E02D27/42; F03D1/00B

**Application number:** DE20021026996 20020618

**Priority number(s):** DE20021026996 20020618; DE20011049669 20011009;  
DE20021000728 20020111

**Also published as:**



WO03031733 (A1)

EP1442175 (A1)



CA2463253 (A1)

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE10226996**

The method involves digging out a base bed, making a stable, essentially flat, horizontal clean layer in the bed, installing a base segment on the clean layer with distributed supporting rods fixed on supporting feet so the rods can only be mounted on defined points on the clean layer, forming a strengthening arrangement on the clean layer and casting the rest of the base bed, especially using concrete, up to the lower edge of the base segment. The method involves digging out a base bed (13), making a stable, essentially flat, horizontal clean layer (12) in the base bed, installing a base segment (4) for the structure on the clean layer with at least three distributed supporting rods (11) fixed on supporting feet so that the rods can only be mounted on defined points on the clean layer, forming a strengthening arrangement on the clean layer and casting the rest of the base bed, especially using concrete, up to the lower edge of the base segment. Independent claims are also included for the following: a supporting rod, especially for use with the inventive method, a base segment for a structure with several segments, especially a tower for a wind power system, a base segment for such a structure and a wind power system.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung eines Fundamentes für ein mehrere Segmente aufweisendes Bauwerk, insbesondere für einen Turm einer Windenergieanlage. Die Erfindung betrifft außerdem eine Stützstange, ein Fundamentsegment für ein solches Bauwerk sowie eine Windenergianlage.

[0002] Für größere Bauwerke ist die Erstellung eines dauerhaft stabilen und ebenen Fundamentes von enormer Bedeutung. Insbesondere für einen Turm einer Windenergianlage, der Höhen von über 100 m aufweisen kann und der im Betrieb enormen Kräften ausgesetzt ist, muss das Fundament hohen Anforderungen genügen.

[0003] Derzeit wird das Fundament einer Windenergianlage erstellt, indem zunächst in einem Fundamentbett eine sogenannte Sauberkeitsschicht, also eine möglichst plan und horizontal verlaufende Zement- oder Betonschicht, erstellt wird. Danach werden an dem Fundamentsegment, also dem untersten Segment des aus mehreren Segmenten bestehenden Turmes, Stützstangen angebracht, mit denen das Fundamentsegment auf der Sauberkeitsschicht abgestellt wird. Um Unebenheiten der Sauberkeitsschicht auszugleichen und das Fundamentsegment möglichst horizontal auszurichten, können die Stützstangen unterschiedlich weit in die Unterseite des Fundamentsegmentes eingeschraubt werden, wozu die Stützstangen mindestens im oberen, der Unterseite des Fundamentsegmentes zuweisenden Bereich in Form einer Gewindestange ausgebildet sind.

[0004] Dabei ist vereinzelt vorgekommen, dass aufgrund der hohen seitlichen Belastung der Stützstangen durch das Fundamentsegment, das derzeit ein Gewicht von 10 bis 14 t aufweisen kann, Stützstangen dabei entweder in die Sauberkeitsschicht eingebrochen sind oder dass eine Stützstange an der Unterseite des Fundamentsegmentes abknickte. Dadurch konnte es zum Umstürzen des Fundamentsegmentes kommen. Neben der Gefahr für die mit der Erstellung des Fundamentes betrauten Personen führte diese sowohl zu zeitlichen Verzögerungen als auch zu zusätzlichen Kosten für die Behebung dieser Schäden.

[0005] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Erstellung eines Fundamentes für ein mehrere Segmente aufweisendes Bauwerk, insbesondere für einen Turm einer Windenergianlage, eine verbesserte Stützstange, ein geeignetes Fundamentsegment sowie eine Windenergianlage anzugeben, bei denen die vorgenannten Probleme vermieden werden.

[0006] Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst, das folgende Schritte aufweist:

- a) Ausheben eines Fundamentbets,
- b) Erstellung einer stabilen, im Wesentlichen eben und horizontal verlaufenden Sauberkeitsschicht in dem Fundamentbett,
- c) Aufsetzen eines Fundamentsegmentes des Bauwerkes auf der Sauberkeitsschicht, wobei an dem Fundamentsegment verteilt mindestens drei höhenverstellbare Stützstangen fest mittels jeweils eines am Ende der Stützstangen angebrachten Stützfußes derart angebracht sind, dass nur die Stützstangen auf vorgegebenen Stützpunkten der Sauberkeitsschicht abgestellt werden,
- d) Herstellen einer Bewehrung auf der Sauberkeitsschicht,
- e) Aufgießen des restlichen Fundamentbets mit Fundamentmasse, insbesondere Beton, bis über den unteren Rand des Fundamentsegments hinaus.

[0007] Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass die bei dem bisher benutzten Verfahren aufgetretenen Probleme vermieden werden können, wenn die Stützstangen nicht direkt in die Unterseite des Fundamentsegments eingeschraubt werden, sondern wenn an dem Fundamentsegment verteilt Stützstangen mittels je eines Stützfußes, z. B. in Form einer Abstützplatte, fest angebracht sind, bevor das Fundamentsegment auf der Sauberkeitsschicht abgestellt wird. Die Mittel zur Höhenverstellung sind weiterhin an den Stützstangen vorgesehen, jedoch an anderer Stelle als bisher, und die Höhenverstellung wird nicht durch unterschiedlich weites Hineinschrauben der Stützstangen in die Unterseite des Fundamentsegments erreicht. Durch die Stützfüße wird eine wesentlich größere Auflagefläche für das Fundamentsegment auf den Stützstangen und somit eine wesentlich bessere Lastverteilung erreicht. Das Abknicken einer Gewindestange an der Unterseite des Fundamentsegments kann somit nicht mehr auftreten.

[0008] Um auch ein Einbrechen der Stützstange in die Sauberkeitsschicht zu verhindern ist weiterhin erfundungsgemäß vorgesehen, dass die Stellen, an denen die Stützstangen mit dem Fundamentsegment auf der Sauberkeitsschicht abgestellt werden sollen, verstärkt werden. Diese Verstärkung kann flächig durch den Einbau von (zusätzlichen) Bewehrungsmatten und/oder durch lokale Verstärkung, beispielsweise durch Erhöhung der Sauberkeitsschicht an vorgegebenen Positionen, erfolgen. Eine Alternative dazu oder eine Ergänzung ist die Verwendung von Fußplatten. Diese können an vorgegebenen Positionen auf der Sauberkeitsschicht abgelegt werden, so dass die Stützstangen darauf abgestellt werden können, oder sie sind an der Stützstange an der dem Stützfuß gegenüberliegenden Seite angebracht.

[0009] Nachdem das Fundamentsegment mit den Stützstangen auf diesen Stützpunkten bzw. Fußplatten abgestellt wurde und der Höhenausgleich erfolgt ist, wird schließlich das restliche Fundamentbett in einem oder mehreren Gießgängen mit Fundamentmasse, beispielsweise Beton, ausgefüllt, wobei die Fundamentmasse bis über den unteren Rand des Fundamentsegments hinaus aufgefüllt wird, so dass ein stabiles Fundament erreicht wird. Bei diesem abschließenden Gießvorgang treten ebenfalls bei dem bekannten Verfahren vereinzelt beobachtete Probleme, insbesondere Veränderungen der Lage des Fundamentsegmentes während des Auffüllens mit Fundamentmasse, aufgrund der stabilen Abstützung des Fundamentsegmentes nicht mehr auf.

[0010] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Stützstangen mittels Abstützplatten an einem an der Unterseite des Fundamentsegments angebrachten Flansch angebracht werden. Bevorzugt werden die Abstützplatten mit dem Flansch verschraubt. Dadurch kann eine besonders gute Auflage und Abstützung des Fundamentsegments auf den Stützstangen erreicht werden.

[0011] In einer alternativen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Stützstangen jeweils an einem am oberen Rand des Fundamentsegments verlaufenden Flansch angebracht werden. Bevorzugt ist dazu der Stützfuß am oberen Ende der Stützstange so ausgestaltet, dass er fest mit dem Flansch verbunden, beispielsweise verschraubt werden kann. Um ein sicheres Abstützen des Fundamentsegments zu gewährleisten, ist bei einer derartigen Ausgestaltung weiter bevorzugt vorgesehen, dass die Stützstangen durch am unteren Rand des Fundamentsegments angebrachte Ösen hindurchgeführt werden und innerhalb des Fundamentsegments verlaufen.

[0012] Das Aufgießen des Fundamentbets mit Fundamentmasse im letzten Verfahrensschritt kann in einem einzigen Gießvorgang erfolgen. Bevorzugt kann, insbesondere

bei der zuletzt beschriebenen Ausgestaltung der Stützstangen, das Aufgießen des restlichen Fundamentbets auch in zwei Schritten erfolgen. In einem ersten Schritt wird dabei das Fundamentbett zunächst etwa bis zum unteren Rand des Fundamentsegments mit Fundamentmasse aufgegossen. Danach kann nochmals eine eventuelle Höhenjustierung des Fundamentsegments vorgenommen werden, um auch eventuelle Lageveränderungen des Fundamentsegments bei diesem ersten Aufgießen auszugleichen und eine möglichst horizontale Lage zu erreichen. Dazu weisen die Stützstangen natürlich die Höhenverstellmittel in einem Bereich auf, der zu diesem Zeitpunkt noch nicht mit Fundamentmasse aufgegossen ist. Erst nach dieser Höhenjustierung wird schließlich dann das restliche Fundamentbett bis zu der gewünschten Höhe aufgegossen.

[0013] In einer weiteren Ausgestaltung ist erfundungsgemäß vorgesehen, dass das Aufgießen des restlichen Fundamentbets mit Fundamentmasse bis zu einer solchen Höhe erfolgt, dass in den Seitenwänden des Fundamentsegments vorgesehene Löcher von Fundamentmasse überdeckt werden, wobei die Fundamentmasse auch in den hohen Innenraum des Fundamentsegments eingegossen wird.

[0014] Bevorzugt ist in dem Fundamentsegment eine umlaufende Lochreihe in gleichbleibenden Abstand von der Unterseite des Fundamentsegments vorgesehen: Durch die Löcher werden Bewehrungsdrähte geflochten, so dass sich eine mechanische Verbindung zwischen dem Fundament und der Fundamentektion ergibt.

[0015] Die Fundamentmasse wird also nicht nur in den Umgebungsbereich des Fundamentsegments in das Fundamentbett eingegossen, sondern auch in den Innenraum des hohen Fundamentsegments, damit dieses keinen seitlichen Belastungen aufgrund der in den Außenraum eingegossenen Fundamentmasse ausgesetzt wird, was wiederum zu Lageveränderungen des Fundamentsegments während des Eingießvorganges führen könnte. Dadurch, dass Fundamentmasse auch in den Innenraum des Fundamentsegments eingegossen wird, wird dieses in einer Lage stabilisiert und kann nicht so leicht durch im Außenbereich eingegossene Fundamentmasse verkippt oder in seiner Lage verändert werden.

[0016] Bevorzugt ist die Höhenverstellung der Stützstangen am unteren, der Sauberkeitsschicht zuweisenden Ende der Stützstangen vorgesehen. Diese könnte beispielsweise durch eine verstellbare Mutter realisiert sein. Die Stützstange selbst weist bevorzugt eine innenliegende Gewindestange auf, mittels der die Höhenverstellung erfolgen kann.

[0017] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfundungsgemäßen Verfahrens ist eine Messung der aktuellen Höheneinstellung der einzelnen Stützfüße vorgesehen. Vorgezugsweise werden dazu optische Messmittel, wie beispielsweise ein einen in horizontaler Richtung fokussierten Laserstrahl aussendendes Messmittel, vorgesehen, wobei an den Stützfüßen entsprechende Sensoren angebracht sind. Diese erzeugen ein Sensorsignal, das eine Information darüber enthält, wie die aktuelle Höheneinstellung des Stützfußes ist und somit eine Höheneinstellung erlaubt, so dass das Fundamentsegment horizontal ausgerichtet ist. Außerdem können auch gesteuerte Antriebsmittel zur Höheneinstellung der Stützfüße vorgesehen sein, die abhängig von den ermittelten Sensorsignalen die Höheneinstellung der Stützfüße automatisch vornehmen.

[0018] Bevorzugt bei dem erfundungsgemäßen Verfahren verwendbare, erfundungsgemäße Stützstangen sind in den Ansprüchen 12 bis 18 angegeben. Ein erfundungsgemäßes Fundamentsegment mit den beschriebenen Merkmalen ist in den Ansprüchen 19 und 20 angegeben. Die Erfindung betrifft darüber hinaus auch eine Windenergieanlage mit ei-

nem mehrere Segmente aufweisenden Turm, wobei das unterste Segment ein Fundamentsegment der beschriebenen Art ist bzw. wobei das Fundament des Turmes mit dem beschriebenen Verfahren hergestellt ist.

5 [0019] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0020] Fig. 1 eine erfundungsgemäße Windenergieanlage mit einem aus mehreren Segmenten bestehenden Turm;

10 [0021] Fig. 2 eine erste Ausgestaltung eines erfundungsgemäßen Fundamentsegments;

[0022] Fig. 3 einen Ausschnitt des erfundungsgemäßen Fundamentsegments gemäß Fig. 2 mit einer Stützstange;

[0023] Fig. 4 eine zweite Ausgestaltung eines erfundungsgemäßen Fundamentsegments;

15 [0024] Fig. 5 eine Schnittdarstellung des Fundamentsegments gemäß Fig. 4 mit einer Stützstange;

[0025] Fig. 6 einen Ausschnitt des erfundungsgemäßen Fundamentsegments gemäß Fig. 5;

20 [0026] Fig. 7 einen weiteren Ausschnitt des erfundungsgemäßen Fundamentsegments gemäß Fig. 5;

[0027] Fig. 8 einen Stützfuß einer in Fig. 5 gezeigten Stützstange;

[0028] Fig. 9 eine Vorderansicht einer weiteren Ausgestaltung einer erfundungsgemäßen Stützstange;

[0029] Fig. 10 eine Seitenansicht der Stützstange gemäß Fig. 9;

[0030] Fig. 11 eine Seitenansicht einer weiteren Ausgestaltung einer erfundungsgemäßen Stützstange mit einem Antrieb;

30 [0031] Fig. 12 eine Vorderansicht einer weiteren Ausgestaltung einer erfundungsgemäßen Stützstange mit einem Sensor zur Höheneinstellung;

[0032] Fig. 13 eine Draufsicht auf ein erfundungsgemäßes Fundamentsegment zur Erläuterung der Erzeugung von Sensorsignalen zur Höheneinstellung; und

35 [0033] Fig. 14 ein Blockschaltbild eines bei einer Ausgestaltung der Stützstangen vorgesehenen Sensors zur Höheneinstellung.

[0034] Die in Fig. 1 schematisch dargestellte Windenergieanlage 1 weist einen mehrere Segmente 3 aufweisenden Turm 2 auf, wobei das unterste Segment 4, das sogenannte Fundamentsegment, in ein Fundament 5 eingebettet ist. Oben an dem Turm 2 ist eine Gondel 6 drehbar gelagert, an der wiederum ein Rotor 7 mit mehreren Rotorblättern 8 angebracht ist. Innerhalb der Gondel 6 ist ein elektrischer Generator angeordnet, der durch die auf die Rotorblätter 8 wirkenden Windkräfte in Drehung versetzt wird und somit elektrische Energie erzeugt.

40 [0035] Die Segmente 3 einschließlich des Fundamentsegments 4 des Turmes 2 sind bevorzugt Stahlelemente, können jedoch grundsätzlich auch Spannbetonelemente sein, in die beispielsweise Spannstahlelemente bzw. Anker eingegossen sind. Das Fundamentsegment 4 ist demnach in eine Fundamentplatte 9 eingegossen, die bevorzugt aus Beton besteht.

45 [0036] Diese Fundamentplatte 9 kann sowohl über den umgebenen Bereich des Bodens 10 hinausreichen oder auch ebenerdig abschließen, überdeckt aber jedenfalls den unteren Rand des Fundamentsegments 4 sowie die an der Unterseite des Fundamentsegments 4 angebrachten Stützstangen 11. Mit-

50 tels dieser Stützstangen 11 ist das Fundamentsegment auf einer sogenannten Sauberkeitsschicht 12, also einer möglichst ebenen und horizontal verlaufenden Zement- oder Beton- schicht, abgestützt, die in das Fundamentbett eingegossen wird, bevor das Fundamentsegment 4 mit den Stützstangen 11 aufgestellt wird.

55 [0037] In Fig. 2 sind die wesentlichen Elemente des Fundaments 5 vor dem Aufgießen der Fundamentmasse zur Bildung der Fundamentplatte 9 gezeigt. Zur Erstellung des

Fundaments wird zunächst ein Fundamentbett 13 aus dem Erdkörper 10 ausgehoben. Danach wird auf den Boden des Fundamentbetts eine Sauberkeitsschicht 12 eingebracht, deren Oberfläche möglichst eben und horizontal verlaufen soll. Bevor das Fundamentsegment 4 auf der Sauberkeitsschicht 12 abgestellt wird, werden zunächst an der Unterseite 41 des Fundamentsegmentes 4 drei Stützstangen 11 fest angebracht. Um eine möglichst gleichmäßige Lastverteilung und eine möglichst gute Auflage des Fundamentsegmentes auf den Stützstangen 11 zu erreichen, weisen diese am oberen, der Unterseite des Fundamentsegmentes 4 zuweisenden Ende jeweils fest angebracht als Stützfuß eine Abstützplatte 110 auf, mittels der die Stützstangen 11 an einem Flansch 42 des Fundamentsegmentes angebracht, bevorzugt fest verschraubt, werden. Die Stützstangen 11 sind außerdem gleichmäßig beabstandet oder an vorgegebenen Positionen am Umfang des zylindrischen Fundamentsegmentes 4 angeordnet. Vor dem Abstellen des Fundamentsegmentes 4 werden Stützpunkte 14 auf der Sauberkeitsschicht 12 markiert und mit Fußplatten verstärkt, um ein Einbrechen der Stützstangen 11 in die Sauberkeitsschicht 12 zu verhindern. Nachdem nun das Fundamentsegment 4 auf den Fußplatten 14 abgestellt ist, kann mittels der Stützstangen 11 eine Höhenverstellung vorgenommen werden, um das Fundamentsegment 4 möglichst horizontal auszurichten. Dazu weisen die Stützstangen 11 Höhenverstellmittel 111 auf, die als innenliegende Gewindestange mit einer Verstellmutter ausgebildet sein können.

[0037] Nach Höhenausrichtung des Fundamentsegmentes 4 wird die Bewehrung hergestellt. Dabei werden Bewehrungsdrähte durch die in den Seitenwänden des Fundamentsegmentes 4 als Lochreihe 43 vorgesehenen Löcher geflochten. Schließlich wird das Fundamentbett 13 vollständig mit Fundamentmasse, vorzugsweise Beton, ausgegossen. Dazu wird die Fundamentmasse einerseits in den Außenraum 15 des Fundamentsegmentes 4 als auch in den Innenraum 44 des Fundamentsegmentes 4 eingegossen, damit beim Eingießen der Fundamentmasse nicht die Lage des Fundamentsegmentes, beispielsweise aufgrund seitlicher Kräfte durch von außen einwirkende Fundamentmasse verändert wird. Da durch die Löcher der Lochreihe 43 Drähte der Fundament-Bewehrung geführt sind, können auch Zugkräfte vom Turm sicher in das Fundament übertragen werden. Nachdem das Fundamentsegment 4 somit fest eingegossen ist, kann der weitere Aufbau des Turms erfolgen.

[0038] In Fig. 3 ist ein Ausschnitt des Fundamentsegmentes 4 mit einer Stützstange 11 näher gezeigt. Darin ist erkennbar, wie die Stützstange 11 mittels der Abstützplatte 110, die fest mit der Stützstange 11 verbunden ist, an dem Flansch 42 des Fundamentsegmentes 4 angeschraubt ist. Zumindest im unteren Bereich der Stützstange 11 ist eine innenliegende Gewindestange 114 vorgesehen, auf der eine Verstellmutter 112 angebracht ist, um die Höhenverstellung vorzunehmen, also die Länge der Stützstange 11 zu verändern. Dabei stützt sich die Verstellmutter 112 an der äußeren Hülle der Stützstange 11 ab und erlaubt somit eine Verstellung der Gewindestange 114 in ihrer Längsrichtung. Die festsitzende Mutter 113 ermöglicht ein Festhalten der Gewindestange 114, so dass sich diese beim Drehen der Mutter 112 nicht mitdrehen kann.

[0039] Fig. 4 zeigt eine alternative Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Fundamentsegmentes, bei dem insbesondere andere Stützstangen 21 Verwendung finden. Gezeigt ist wiederum das Fundamentsegment 4, das sich auf drei Stützstangen 21 abstützt. Zwischen der Sauberkeitsschicht 12 und den Stützstangen 21 sind wiederum Abstützplatten 14 vorgesehen, die zur Verteilung des Gewichtes dienen, um ein Einbrechen der Stützstangen 21 in die Sauberkeits-

schicht 12 zu verhindern.

[0040] Die Stützstangen 21 verlaufen bei dieser Ausgestaltung im Innenraum 44 des Fundamentsegments 4 bis hin zu dessen oberen Rand, wie deutlich aus Fig. 5 zu erkennen ist. Dort ist ein Fundamentsegment 4 mit einer einzelnen Stützstange 21 im Querschnitt gezeigt. Die Stützstange 21 ist mehrteilig ausgestaltet und weist einen Stützfuß 210, ein Zwischenstück 211 und ein Endstück 212 mit einer Fußplatte 213 auf. Der Stützfuß 210 dient zur Befestigung der Stützstange 21 an dem oberen Flansch 45 des Fundamentsegments 4. Das Zwischenstück 211 ist einerseits mit dem Stützfuß 210 als auch mit dem Endstück 212 verbunden, beispielsweise über ein Gewinde im Bereich einer Stoßstelle 214 in das Endstück 212 eingeschraubt. Die Stoßstelle 214 liegt dabei oberhalb der Lochreihe 43 in einer Höhe, die nach dem vollständigen Aufgießen des Fundamentbetts nicht mit Fundamentmasse bedeckt ist. Dadurch ist letztlich von der Stützstange 21 jeweils nur das Endstück 212 vollständig vergossen, während das Zwischenstück 211 und der Stützfuß 210 jeweils wiederverwendet werden können.

[0041] Zur besseren Abstützung des Fundamentsegments ist die Stützstange 21 durch eine am unteren Flansch 42 angebrachte Öse 46 geführt, wie auch aus Fig. 6 näher zu erkennen ist.

[0042] Fig. 7 zeigt den oberen Teil der Stützstange, also einen Teil des Zwischenstücks 211 sowie den Stützfuß 210. Der Stützfuß 210 umfasst dabei mehrere Teile zur Befestigung der Stützstange 21 an dem oberen Flansch 45 des Fundamentsegments 4 sowie zur Höhenverstellung bzw. Höhenjustierung während der Erstellung des Fundamentes. Oberhalb und unterhalb des umlaufenden Flansches 45 befinden sich jeweils eine Platte 22, 23. Die untere Platte 22 verdeckt teilweise eine Schraube 27, die durch das Lochbild 47 in dem oberen Flansch 45 hindurchgreift und die obere Platte 23 des Stützfußes 210 mit dem Fundamentsegment 4 verbindet. Innerhalb des Fundamentsegmentes 4 verlaufen weiterhin zwei Gewindestangen 24 zwischen den beiden Platten 22, 23, die mittels Muttern 25 eine Verstellung der Position der oberen Platte 23 gegenüber dem restlichen Teil des Stützfußes 210 erlauben. Dabei gleitet eine an der oberen Platte 23 befestigte Stange 26 in dem als äußeres Rohr dienenden Zwischenstück 211. Da das Fundamentsegment 4 mit der oberen Platte 23 verbunden ist, wird somit bei einer Veränderung der Position der oberen Platte 23 auch das gesamte Fundamentsegment 4 relativ zu der Sauberkeitsschicht 12 bewegt.

[0043] Die Verstellung der oberen Platte 23 kann beispielsweise derart erfolgen, dass das Fundamentsegment 4 mit einem entsprechenden Hebegerät, z. B. einem Kran, angehoben wird. Sodann können die unterhalb der oberen Platte 23 erkennbaren Muttern 25 (s. auch Fig. 8) verstellt werden, bis die gewünschte Position erreicht ist. Nach dem Verstellen kann das Fundamentsegment 4 wieder abgesenkt werden und befindet sich somit in der gewünschten Position. Dadurch kann während der Erstellung des Fundamentes auf einfache Weise eine Höhenverstellung bzw. Höhenjustierung des Fundamentsegments erreicht werden.

[0044] Eine weitere Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Stützstange ist in einer Vorderansicht und einer Seitenansicht in den Fig. 9 und 10 dargestellt. Nach wie vor ist das Endstück 212, wie in Fig. 5 gezeigt, in einer Öse am unteren Rand der Fundamentektion geführt. Unverändert ist auch, dass dieses Endstück in dem Fundament eingegossen ist und nicht wiederverwendet wird. Dabei wird das Fundament bis zu einer Höhe aufgegossen, die in diesen Figuren durch eine Linie 217 angegedeutet ist. Um das Eindringen von Feuchtigkeit zu vermeiden, sind Kappen 215 vorgesehen, die nach dem Entfernen des wiederverwendbaren Teiles der Stütz-

stange aus den Endstücken 212 zum Abdecken der dann offenen Enden verwendet werden.

[0045] Auch der obere Teil dieser Stützstange ist weitgehend gleich wie bei der vorstehend beschriebenen Stützstange. So finden sich zwei Platten 22, 23, zwischen denen Gewindestangen 24 mit Muttern angeordnet sind. In der Vorderansicht in Fig. 9 sind zwei Gewindestangen 24 mit Muttern 25 erkennbar, in der Seitenansicht in Fig. 10 liegen diese fluchtend hintereinander, weshalb nur eine Gewindestange 24 mit einer Mutter 25 erkennbar ist. In Fig. 10 ist weiterhin ein Teil der oberen Platte 23 aufgebrochen und zeigt eine Durchgangsbohrung 28. Durch diese Durchgangsbohrung 28 kann die Platte 23 und damit die Stützstange mit dem oberen Flansch der Fundamentsektion verbunden werden.

[0046] Um nun die Höhenverstellung zu vereinfachen und den Anteil manueller Arbeit weiter zu verringern, ist zwischen den beiden Platten 22, 23 weiterhin eine Anordnung mit einem Teleskop-Zylinder 29 und einer Teleskop-Stange 26 vorgesehen. Dieser Zylinder kann z. B. pneumatisch oder hydraulisch betätigt werden und gestattet damit ein einfaches Einstellen der mit der Stützstange verbundenen Fundamentsektion. Die Gewindestange 24 und die Mutter 25 dienen bei dieser Ausführungsform einerseits zum Fixieren der zunächst hydraulisch oder pneumatisch eingestellten Position und andererseits als "Notbetätigung", um auch bei Ausfall der Hydraulik bzw. Pneumatik die Fundamentsektion noch manuell einstellen zu können.

[0047] In Fig. 11 ist zur Verbesserung der Übersicht nur der obere Abschnitt einer erfindungsgemäßen Stützstange bis zu dem Übergang in das Endstück 212 gezeigt. In dieser Figur ist zusätzlich die Fundamentsektion 4 angedeutet. Diese ist mit der oberen Platte 23 verbunden. Weiterhin kann die Stange 26 als Gewindestange ausgeführt sein, die an ihrem unteren Ende drehbar gelagert ist und von einem Antrieb 216 gedreht wird, so dass die Platte 23 mit einem passenden Gewinde abhängig von der Drehrichtung vertikal verfahren werden kann. Damit verändert sich auch die vertikale Position des mit der oberen Platte verbündeten Fundamentsegmentes 4. Die Steuerung für solche Antriebe wie Elektromotoren ebenso wie Steuerungen für die in den Fig. 9 und 10 dargestellten Zylinder 26, 29 sind bekannt, weshalb auf eine nähere Beschreibung hier verzichtet wird.

[0048] Fig. 12 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Stützstange, die eine selbsttätige Einstellung des Stützfußes in einer vorgebbaren Position erlaubt. Auch in dieser Figur ist zur besseren Übersicht nur der obere Abschnitt der erfindungsgemäßen Stützstange dargestellt. Dieser gleicht dem Aufbau im wesentlichen der in den Fig. 9 und 10 dargestellten Variante.

[0049] Ergänzend zu der Darstellung gemäß den Fig. 9 und 10 ist hier aber ein Sensor 30 vorgesehen. Dieser weist mehrere in einem Gehäuse 31 angeordnete lichtempfindliche Elemente 32 wie Fototransistoren, Fotowiderstände oder dergleichen auf. Ergänzend können auch Filter vorgesehen sein, oder die lichtempfindlichen Elemente 32 können derart ausgebildet sein, dass sie nur auf ein vorgegebenes Spektrum reagieren, um die Einflüsse von Streulicht und Tageslicht zu verringern bzw. vollständig zu unterbinden.

[0050] Wird also eine Lichtquelle in einer vorgegebenen horizontalen Position vorgesehen, trifft abhängig von der Ausrichtung dieser Lichtquelle einerseits und der Einstellung des Stützfußes andererseits das Licht von dieser Lichtquelle auf die lichtempfindlichen Elemente 32 auf. Wenn dieses Licht nun ausreichend fokussiert ist, werden nur einige lichtempfindliche Elemente 32 von dem Licht getroffen. Daraus lässt sich die Höheneinstellposition des entsprechenden Stützfußes relativ zu der Lichtquelle ableiten.

Wenn sich also der Sensor 30 in einer eindeutig definierten Position befindet und auch die Lichtquelle eine eindeutig definierte Position hat, lässt sich beispielsweise aus der Abweichung des auftreffenden Lichtstrahles von einer vorgegebenen Position in dem Sensor 30, wie z. B. dessen Mitte, eine Stellgröße ableiten, die zur Veränderung der Höheneinstellung des Stützfußes verwendet werden kann. Auf diese Weise kann eine automatische Ausrichtung der Fundamentsektion erfolgen.

[0051] Ein Beispiel der Anordnung dafür ist in Fig. 13 dargestellt. Dort ist eine Fundamentsektion 4 in einer Draufsicht gezeigt, an deren Innenseite um 120° zueinander versetzt drei erfindungsgemäße Stützstangen angeordnet sind. Wesentlich ist bei dieser Anordnung, dass sich die Ausrichtung dieser Fundamentsektion an dem oberen Flansch orientiert, da diese exakt horizontal ausgerichtet sein muss, während die Ausrichtung des unteren Flansches der Fundamentsektion aus leicht nachvollziehbaren Gründen unerheblich ist. Im Zentrum der Fundamentsektion 4 ist eine Lichtquelle

35 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 98

[0057] Wird der Sensor 30 so eingebaut, dass die gewünschte horizontale Position dann erreicht ist, wenn der mittlere Transistor beleuchtet wird, lässt sich daraus ohne weiteres ableiten, dass dann, wenn Licht auf einen der Fototransistoren oberhalb dieses mittleren Transistors auftrifft, der Sensor und damit der Stützfuß noch zu tief eingestellt sind. Durch die Verknüpfung 50 erscheint am Ausgang 52 ein Signal, das eine Verstellung des Stützfußes und damit des Sensors nach oben auslöst. Trifft das einfallende Licht auf einen Fototransistor unterhalb des mittleren Fototransistors, ist daraus ableitbar, dass der Stützfuß tiefer eingestellt werden muss. Sobald der mittlere Fototransistor über den Anschluss 54 ein Signal ausgibt, kann dieses als "Stop"-Signal verwendet werden, um die Verstellung des Stützfußes zu beenden.

[0058] Da die absolute Höhe, z. B. über NN, für den oberen Flansch der Fundamentsektion nicht streng vorgeschrieben ist, kommt auch eine alternative Vorgehensweise für die Ausrichtung der Fundamentsektion in Betracht. Dabei wird zunächst einer der Stützfüße auf eine gewünschte Höhe eingestellt. Der umlaufende Lichtstrahl wird also eines der lichtempfindlichen Elemente 32 treffen. Dieser Sensor gibt ein Sensorsignal aus, welches einen Rückschluss auf das von dem umlaufenden Lichtstrahl getroffene lichtempfindliche Element 32 zulässt und damit die Einstellhöhe des Stützfußes repräsentiert. Ein solches Signal kann ein analoges Signal, aber auch ein digitales Signal, wie z. B. ein binär kodiertes Signal sein. Dieses Signal kann z. B. zu einer zentralen Steuerung geführt werden. Wenn nun die beiden noch einzustellen Stützfüße solange verstellt werden, bis jeder der zugeordneten Sensoren das gleiche Signal zu dieser zentralen Steuerung ausgibt, bis also das gleiche Sensorelement von dem Lichtstrahl getroffen ist, ist eine horizontale Ausrichtung der Fundamentsektion ebenfalls verwirklicht.

[0059] Natürlich sind auch andere Ausgestaltungen der Sensoren und eine andere Art der Einstellung der Stützfüße möglich. Beispielsweise ist in einer Ausgestaltung vorgesehen, dass an jedem Stützfuß in der gleichen Höhenposition ein reflektierendes Element angeordnet ist, das einen auftreffenden Lichtstrahl reflektiert. Im Zentrum der Fundamentsektion ist dann nicht nur die Lichtquelle, sondern auch ein entsprechender Empfänger angeordnet. Nur dann, wenn der Lichtstrahl auf die reflektierenden Elemente trifft, wird also von dem Empfänger ein reflektierter Lichtstrahl empfangen, was die korrekte Höheneinstellung signalisiert.

[0060] Die Erfindung ist nicht auf die Verwendung bei Windenergieanlagen beschränkt, sondern kann grundsätzlich bei jeder Art von Bauwerk, das mindestens zwei Segmente aufweist, zur Erstellung eines stabilen Fundamentes angewendet werden. Auch die Anzahl, die Anordnung und konkrete Ausgestaltung der in den Figuren gezeigten Elemente, insbesondere der Stützstangen, können variiert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erstellung eines Fundamentes für ein mehrere Segmente aufweisendes Bauwerk, insbesondere für einen Turm (2) einer Windenergieanlage, mit den folgenden Schritten:

- Ausheben eines Fundamentbets (13),
- Erstellung einer stabilen, im Wesentlichen eben und horizontal verlaufenden Sauberkeitschicht (12) in dem Fundamentbett (13),
- Aufsetzen eines Fundamentsegments (4) des Bauwerkes auf der Sauberkeitschicht (12), wobei an dem Fundamentsegment (4) verteilt mindestens drei höhenverstellbare Stützstangen (11, 21)

fest mittels jeweils eines am Ende der Stützstangen (11, 21) angebrachten Stützfußes (110) derart angebracht sind, dass nur die Stützstangen (11, 21) auf vorgegebenen Stützpunkten (14) der Sauberkeitschicht (12) abgestellt werden,

- Herstellen einer Bewehrung auf der Sauberkeitschicht,
- Aufgießen des restlichen Fundamentbets mit Fundamentmasse, insbesondere Beton, bis über den unteren Rand des Fundamentsegments (4) hinaus.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützstangen (11) jeweils mittels Abstützplatten (110) an einem an der Unterseite (41) des Fundamentsegments (4) angeordneten Flansch (42) angebracht werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhenverstellung der jeweils eine innenliegende Gewindestange (114) aufweisenden Stützstangen (11) mittels einer am unteren, der Sauberkeitschicht (12) zuweisenden Ende der Stützstangen (11) angeordneten Höhenverstelleinrichtung erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützstangen (21) jeweils an einem am oberen Rand des Fundamentsegments (4) verlaufenden Flansch (45) angebracht werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützstangen (21) durch am unteren Rand des Fundamentsegments (4) angebrachte Ösen (46) hindurchgeführt werden und innerhalb des Fundamentsegments (4) verlaufen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Aufgießen des restlichen Fundamentbets mit Fundamentmasse das Fundamentbett zunächst etwa bis zum unteren Rand des Fundamentsegments (4) aufgegossen wird, dass danach eine eventuelle Höhenjustierung des Fundamentsegments (4) vorgenommen wird und dass anschließend das restliche Fundamentbett aufgegossen wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützpunkte (14) auf der Sauberkeitschicht (12) mechanisch verstärkt werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewehrung durch in den Seitenwänden des Fundamentsegments (4) vorgesehene Löcher (43) geflochten wird, und dass das Aufgießen des restlichen Fundamentbets (13) mit Fundamentmasse bis zu einer solchen Höhe erfolgt, dass die Löcher (43) von Fundamentmasse überdeckt werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Höheneinstellung der Stützfüße (110, 210) eine Messung der aktuellen Höheneinstellung der einzelnen Stützfüße mittels entsprechender Messmittel, insbesondere optischer Messmittel, erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zur Höheneinstellung der Stützfüße (110, 210) von einer im Innern des Fundamentsegments (4) angeordneten Sendeeinrichtung (35), insbesondere einer Lichtquelle, in horizontaler Richtung ein Höhenmesssignal, insbesondere ein gebündelter Lichtstrahl (35), zu den mit einem entsprechenden Sensor (30), insbesondere einem optischen Sensor, ausgestatteten Stützfüßen (110, 210) ausgesendet wird, dass von den

Sensoren (30) jeweils eine Information über die Höheneinstellung des entsprechenden Stützfußes (110, 210) enthaltendes Sensorsignal erzeugt wird und dass abhängig von dem erzeugten Sensorsignal die Höheneinstellung des zugehörigen Stützfußes (110, 210) erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Höheneinstellung der Stützfüße (110, 210) mittels eines gesteuerten Antriebs (210) erfolgt, wobei zur Steuerung die von den Sensoren (30) erzeugten Sensorsignale ausgewertet werden.

12. Stützstange, insbesondere zur Verwendung bei dem Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein äußeres Rohr (115), eine darin angeordnete Gewindestange (114) und einen Stützfuß (110), insbesondere in Form einer Abstützplatte, an einem Ende des äußeren Rohres (115).

13. Stützstange nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch eine Mutter (112), die an dem von dem Stützfuß (110) abgewandten Ende auf die Gewindestange (114) aufgeschraubt ist und sich an dem äußeren Rohr (115) abstützt.

14. Stützstange, insbesondere zur Verwendung bei dem Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein äußeres Rohr (211) und einem Stützfuß (210) an einem Ende der Stützstange (21), wobei der Stützfuß (210) eine in dem äußeren Rohr (211) verschiebbare Stange (26), eine erste, an dem äußeren Rohr (211) angebrachte Platte (22) und eine zweite, an der Stange (26) angebrachte Platte (23) aufweist, die mittels mindestens einer Gewindestange (24) zur Veränderung des Abstandes zwischen den beiden Platten (22, 23) verbunden sind, und wobei die zweite Platte (23) zur festen Verbindung mit einem abzustützenden Element (4) ausgestaltet ist.

15. Stützstange nach einem der Ansprüche 12 bis 14, gekennzeichnet durch eine Fußplatte (213) an dem dem Stützfuß (210) gegenüberliegenden Ende der Stützstange (21).

16. Stützstange nach einem der Ansprüche 12 bis 15, gekennzeichnet durch Antriebsmittel (216), insbesondere hydraulische oder pneumatische Antriebsmittel, zur Höheneinstellung der Stützfüße (110, 210).

17. Stützstange nach einem der Ansprüche 12 bis 16, gekennzeichnet durch einen Sensor (30), insbesondere einen optischen Sensor, welcher an dem Stützfuß (110, 210) angeordnet ist, zum Empfang eines Sendesignals und zur Erzeugung eines eine Information über die Höheneinstellung des Stützfußes (110, 210) enthaltenden Sensorsignals.

18. Stützstange nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (30) mehrere entlang der Längsrichtung der Stützstange angeordnete Sensorelemente (32) aufweist.

19. Fundamentsegment für ein mehrere Segmente aufweisendes Bauwerk, insbesondere für einen Turm einer Windenergieanlage, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Fundamentsegment (4) verteilt mindestens drei höhenverstellbare Stützstangen (11, 21) fest mittels jeweils eines am Ende der Stützstangen (11, 21) angebrachten Stützfußes (110, 210) angebracht sind zum Abstellen des Fundamentsegmentes (4) auf Stützpunkten (14) einer Sauberkeitsschicht (12) in einem Fundamentbett (13).

20. Fundamentsegment nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass in den Seitenwänden des Fundamentsegmentes (4) Löcher, insbesondere eine umlaufende Lochreihe (43), vorgesehen sind zum Hindurch-

führen von Bewehrungsstahl zum Herstellen einer mechanischen Verbindung zwischen der Bewehrung und dem Fundamentsegment (4).

21. Windenergieanlage mit einem mehrere Segmente aufweisenden Turm (2), wobei das unterste Segment ein Fundamentsegment (4) nach Anspruch 19 oder 20 ist.

22. Windenergieanlage mit einem mehrere Segmente aufweisenden Turm, wobei das Fundament (5) des Turmes (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 hergestellt ist.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

Fig. 1

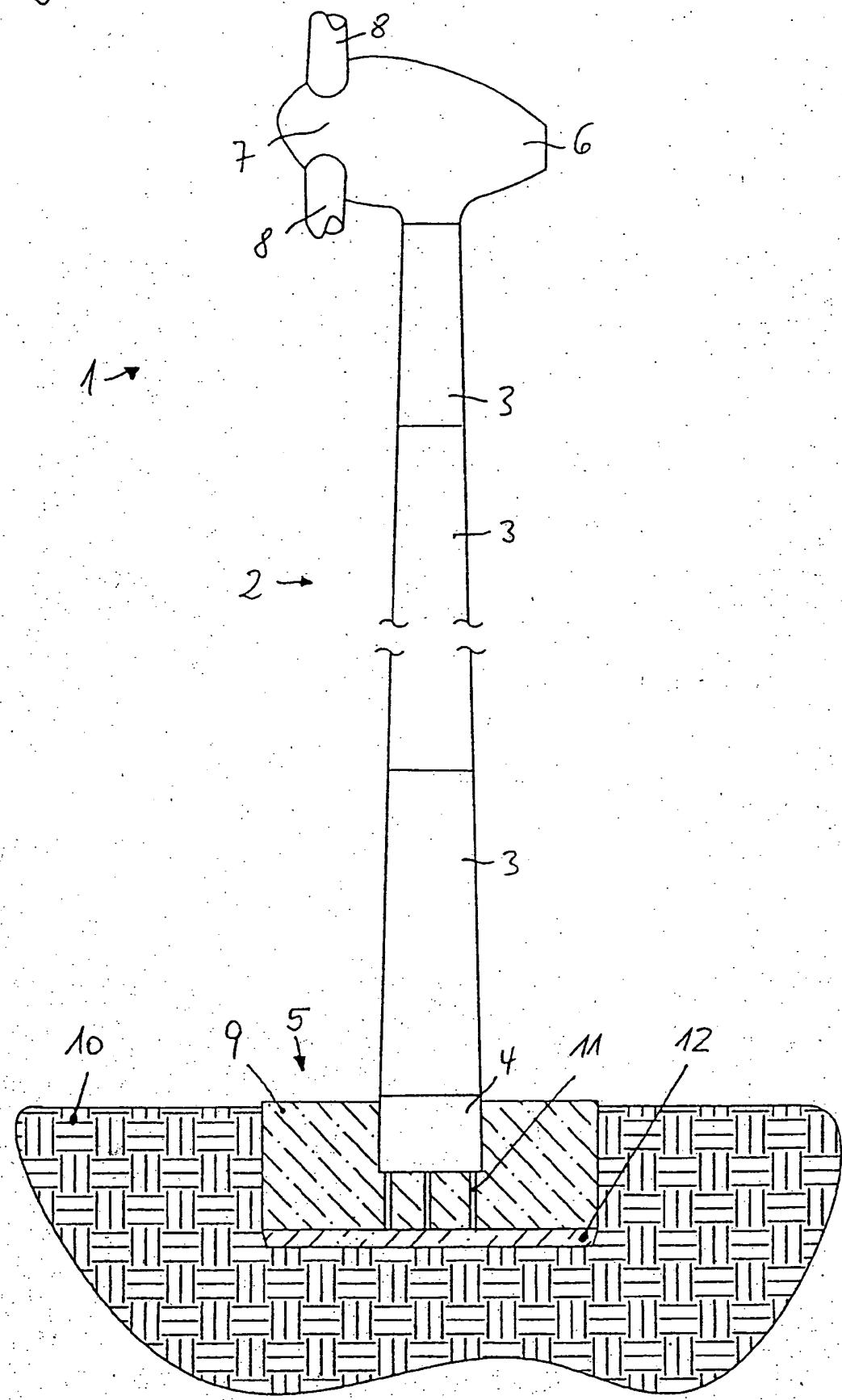


Fig. 2

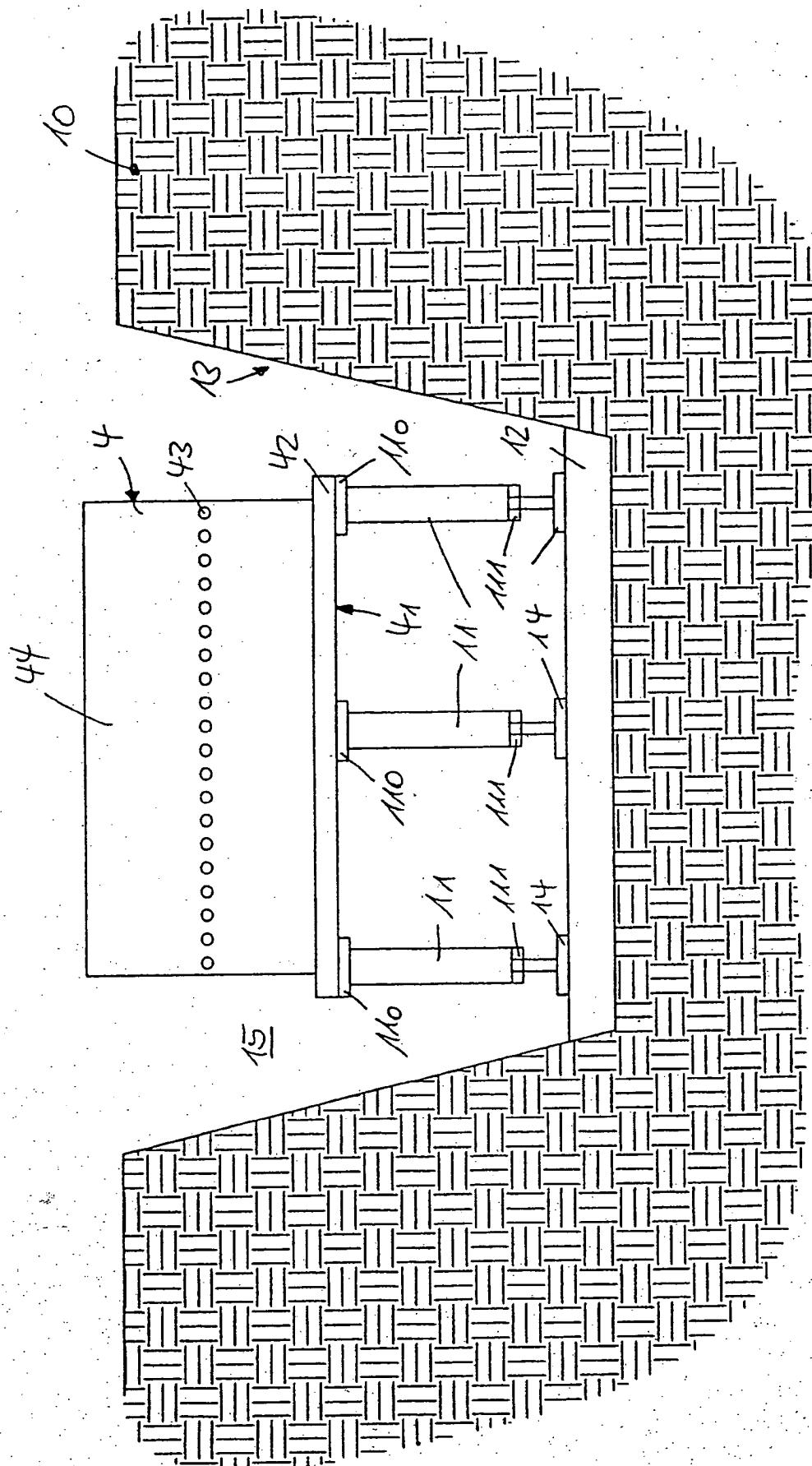
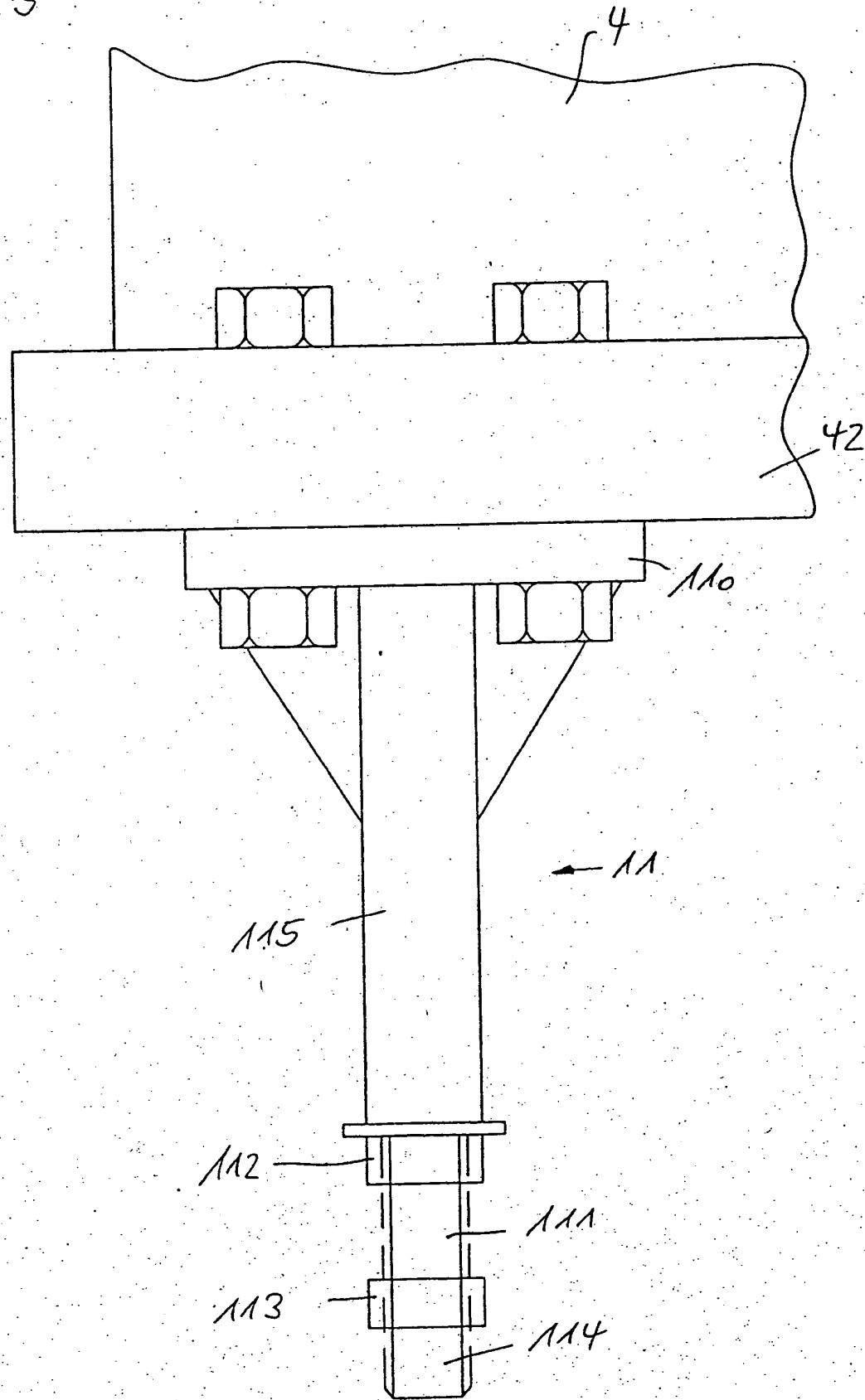
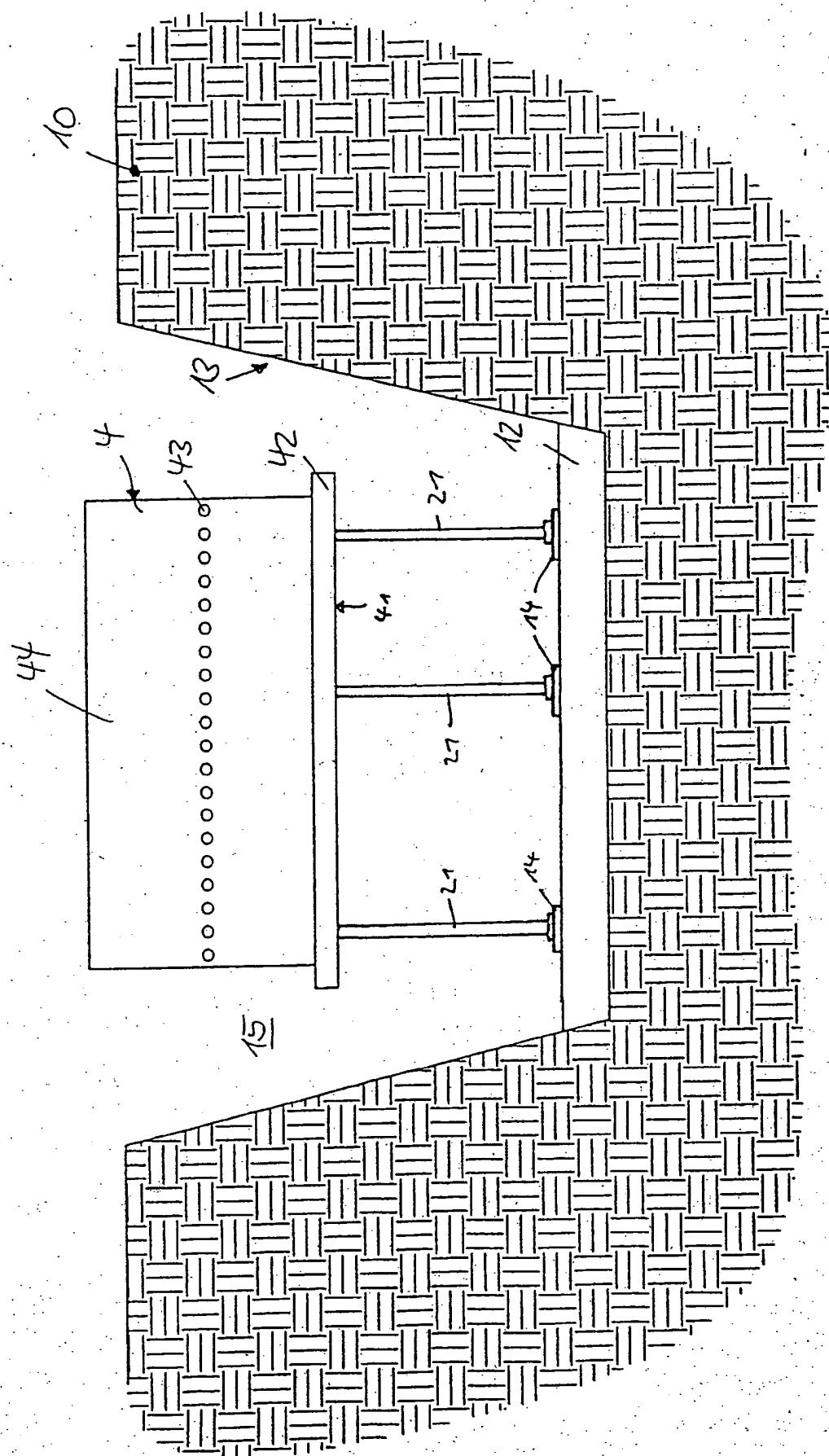
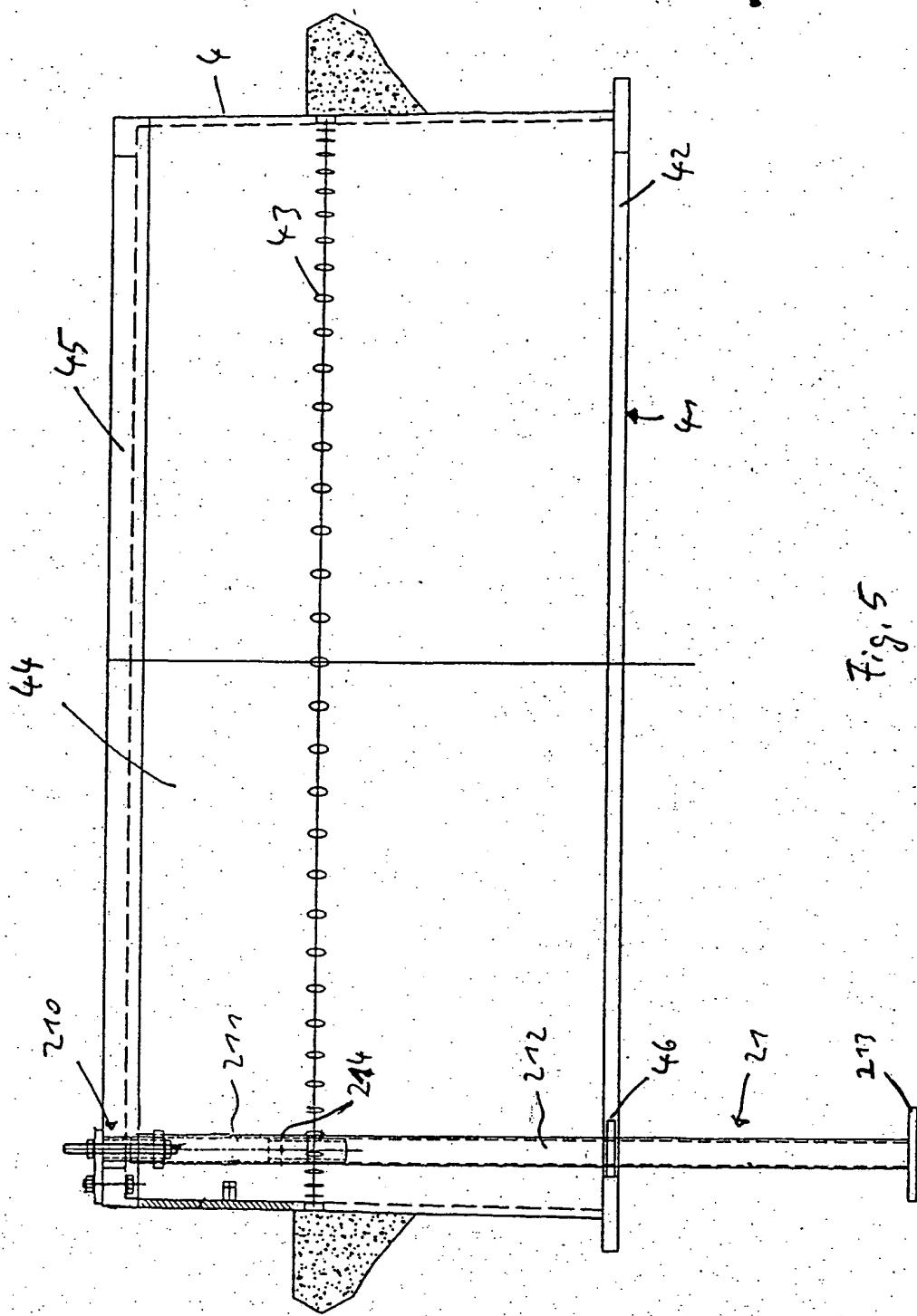


Fig. 3







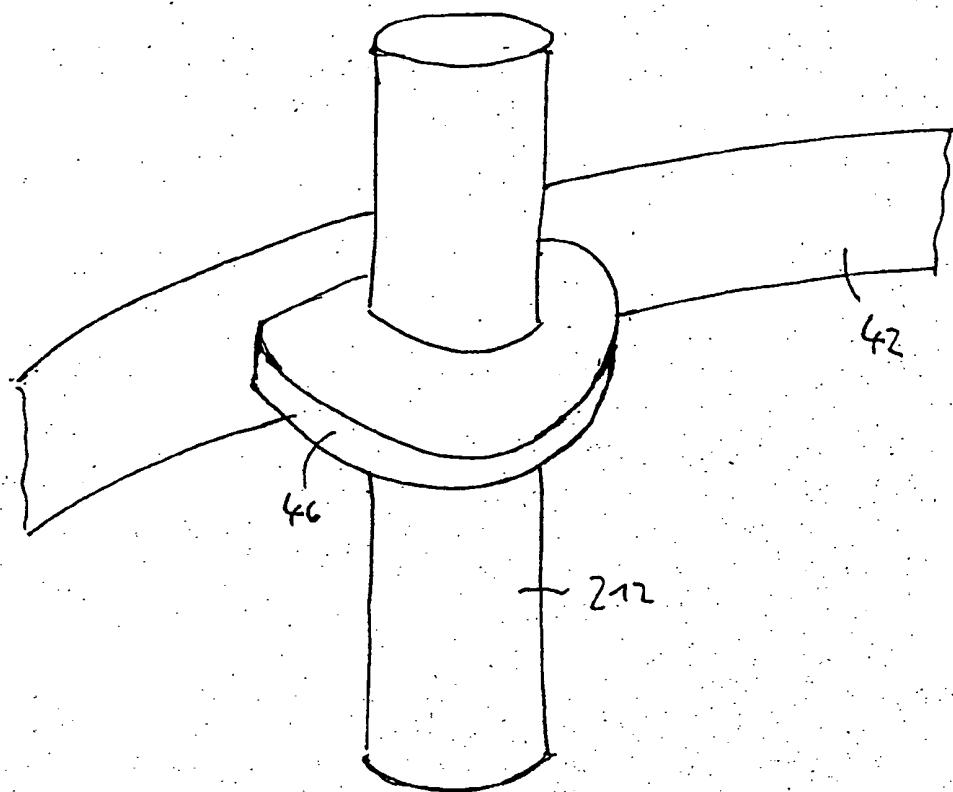


Fig. 6

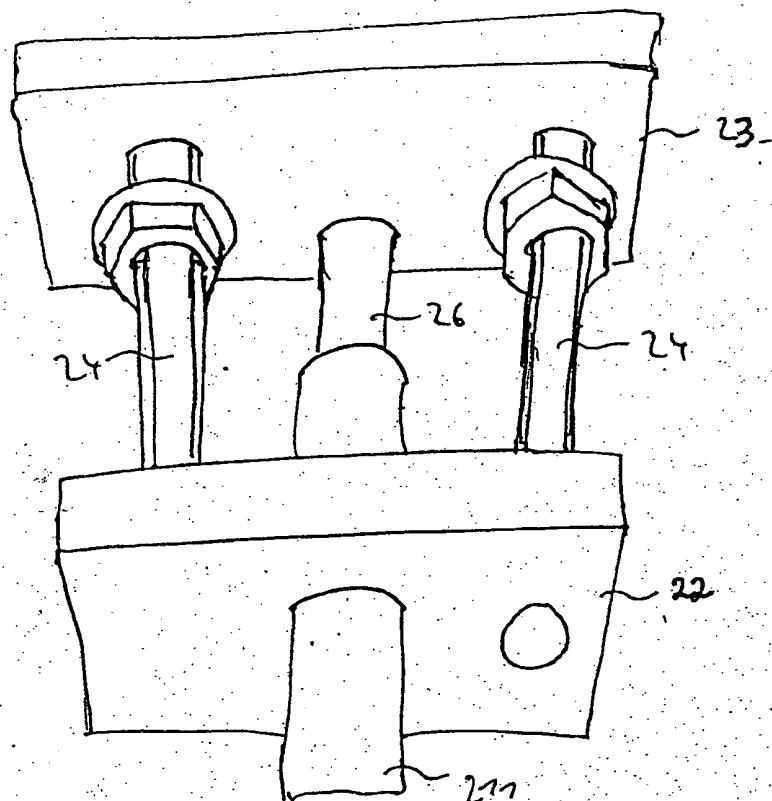


Fig. 8

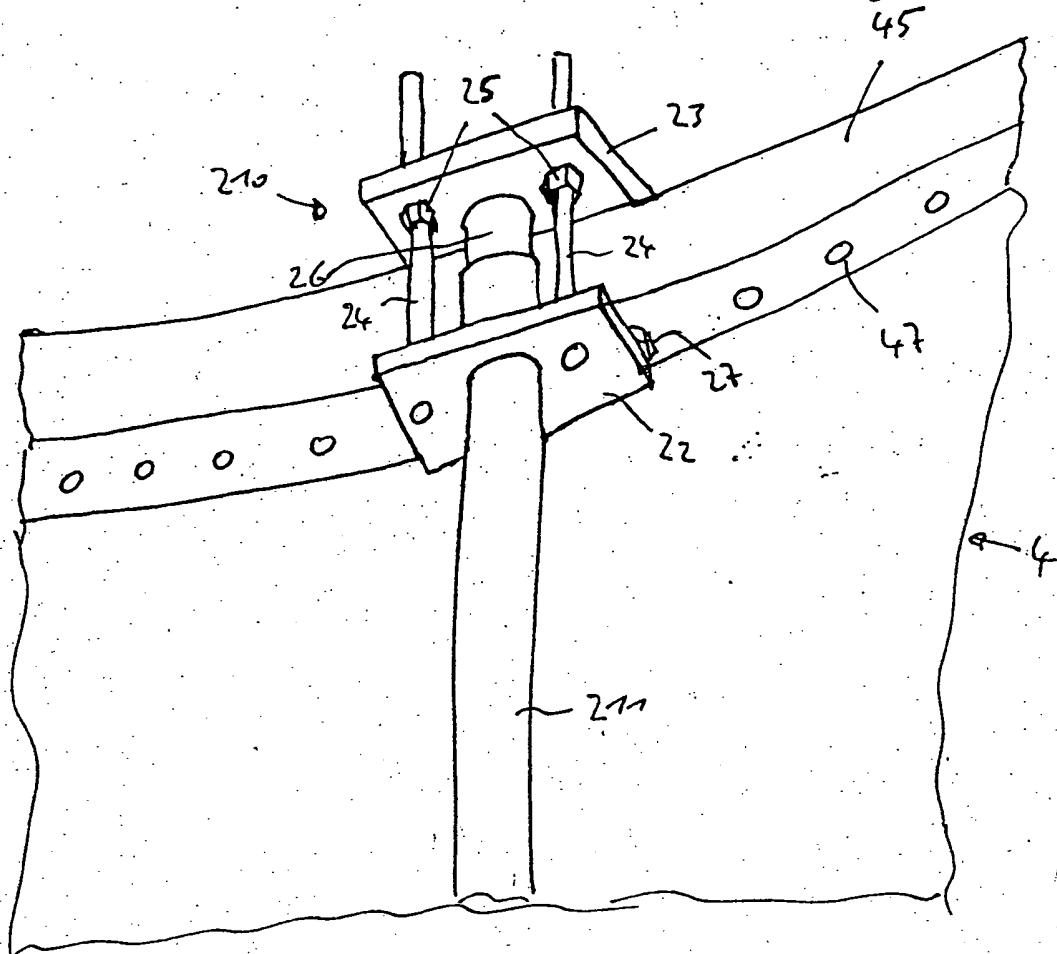


Fig. 7

Fig. 9

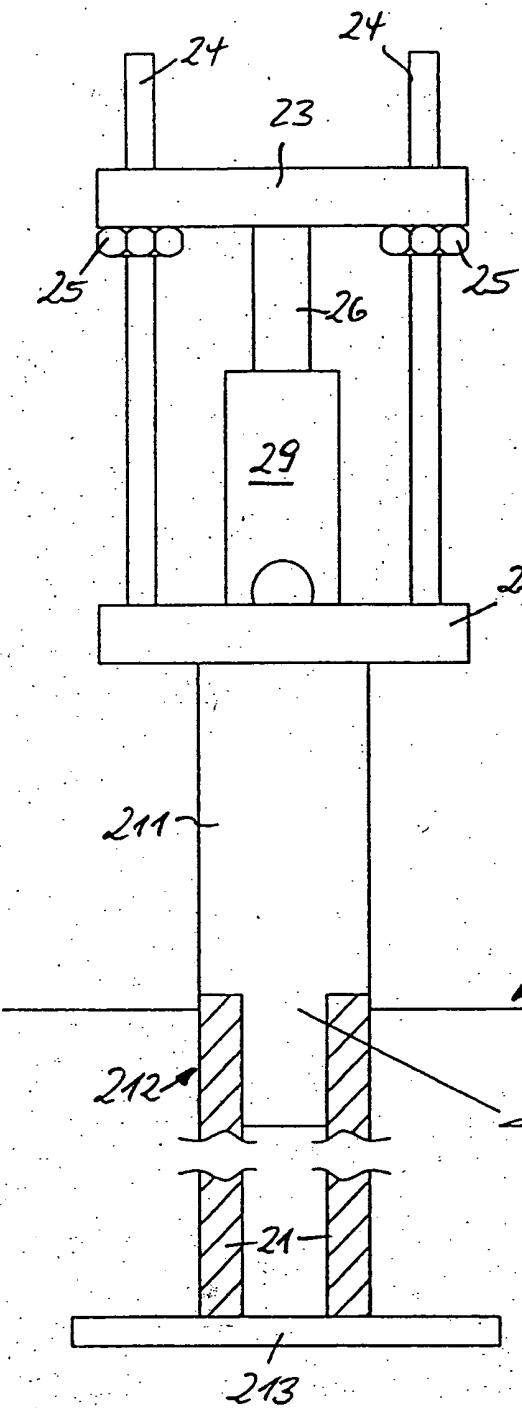


Fig. 10

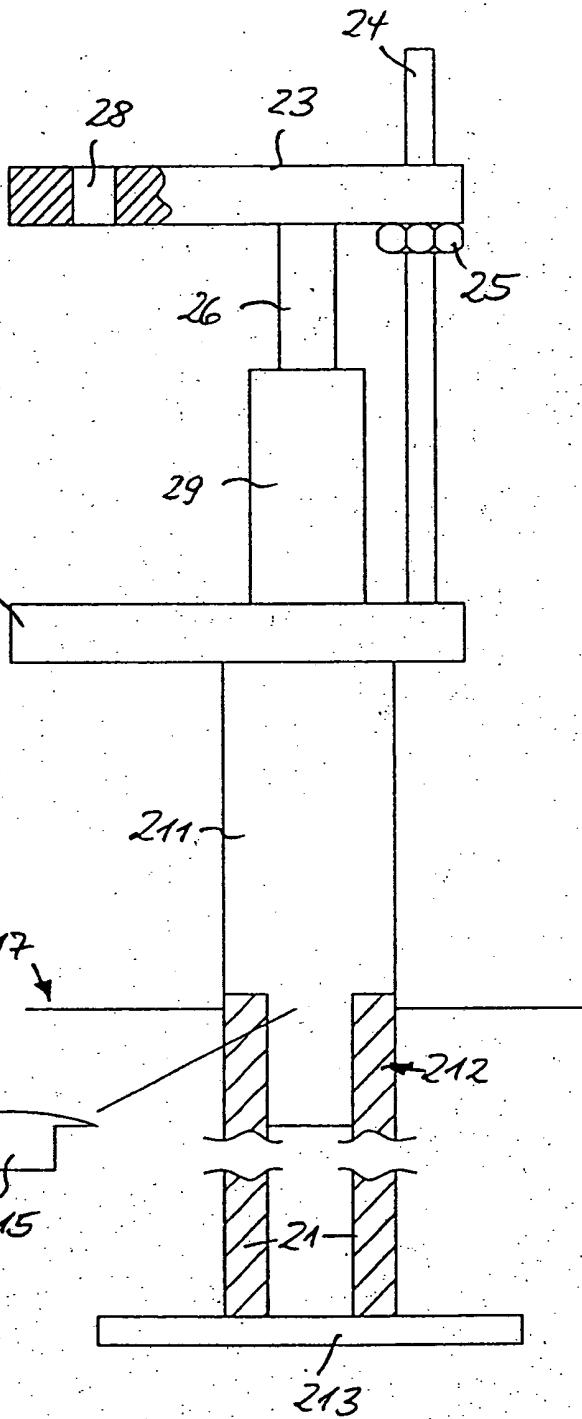
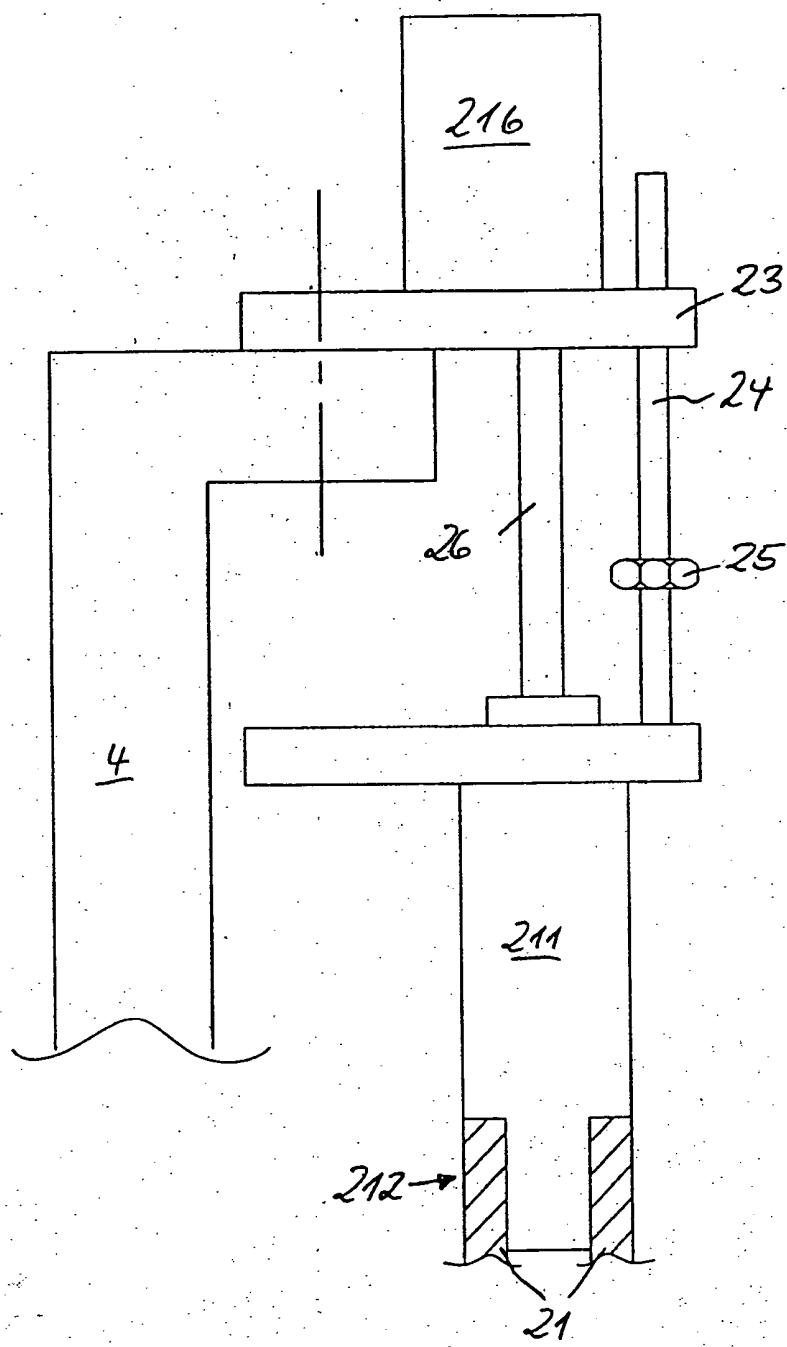


Fig. 11



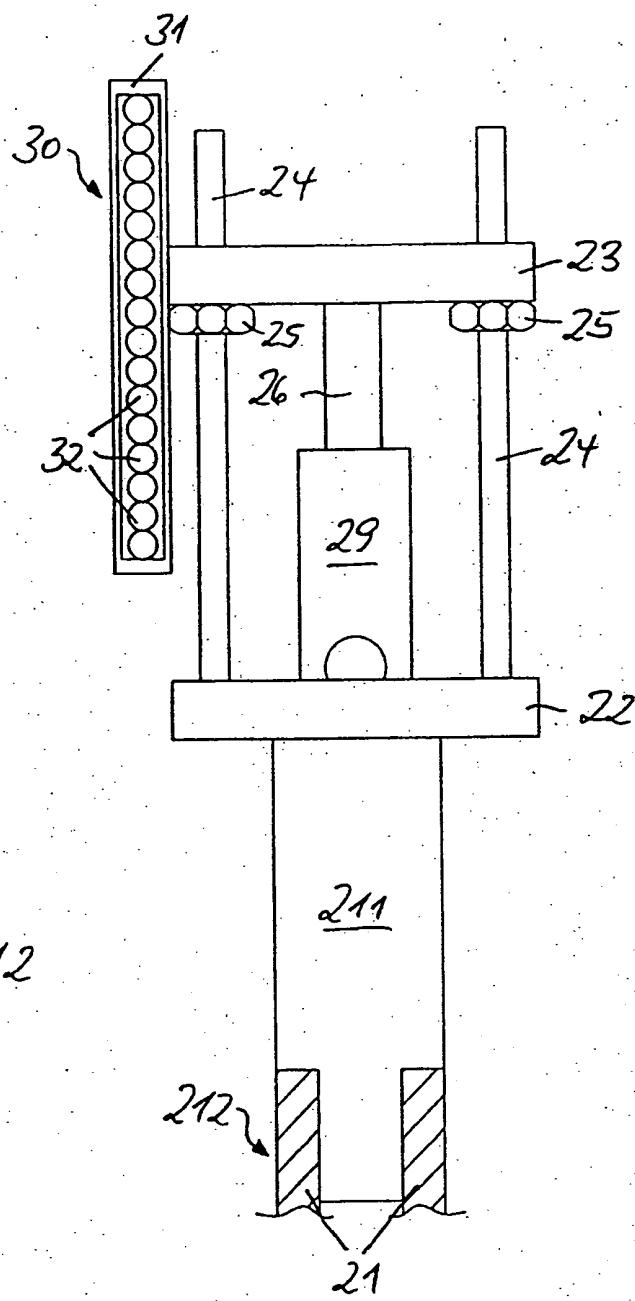


Fig. 12

Fig. 13

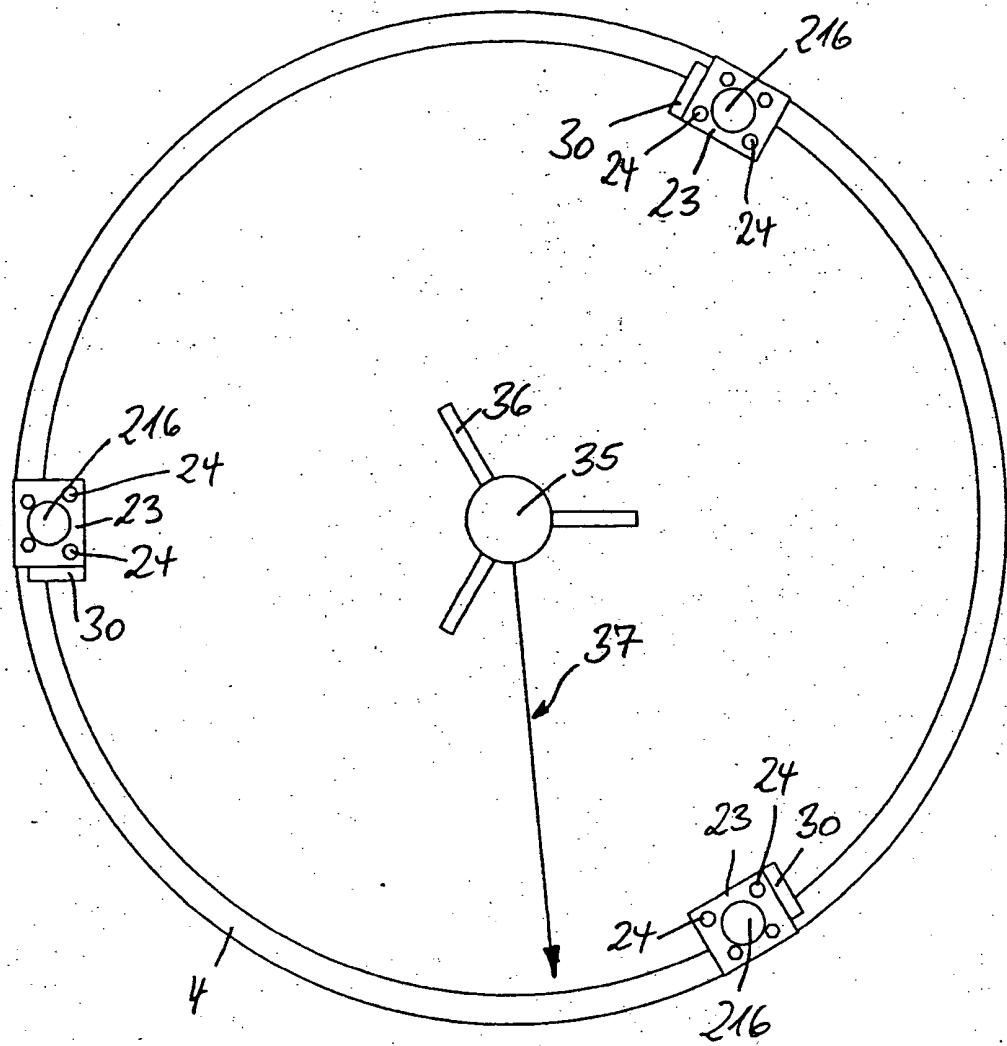
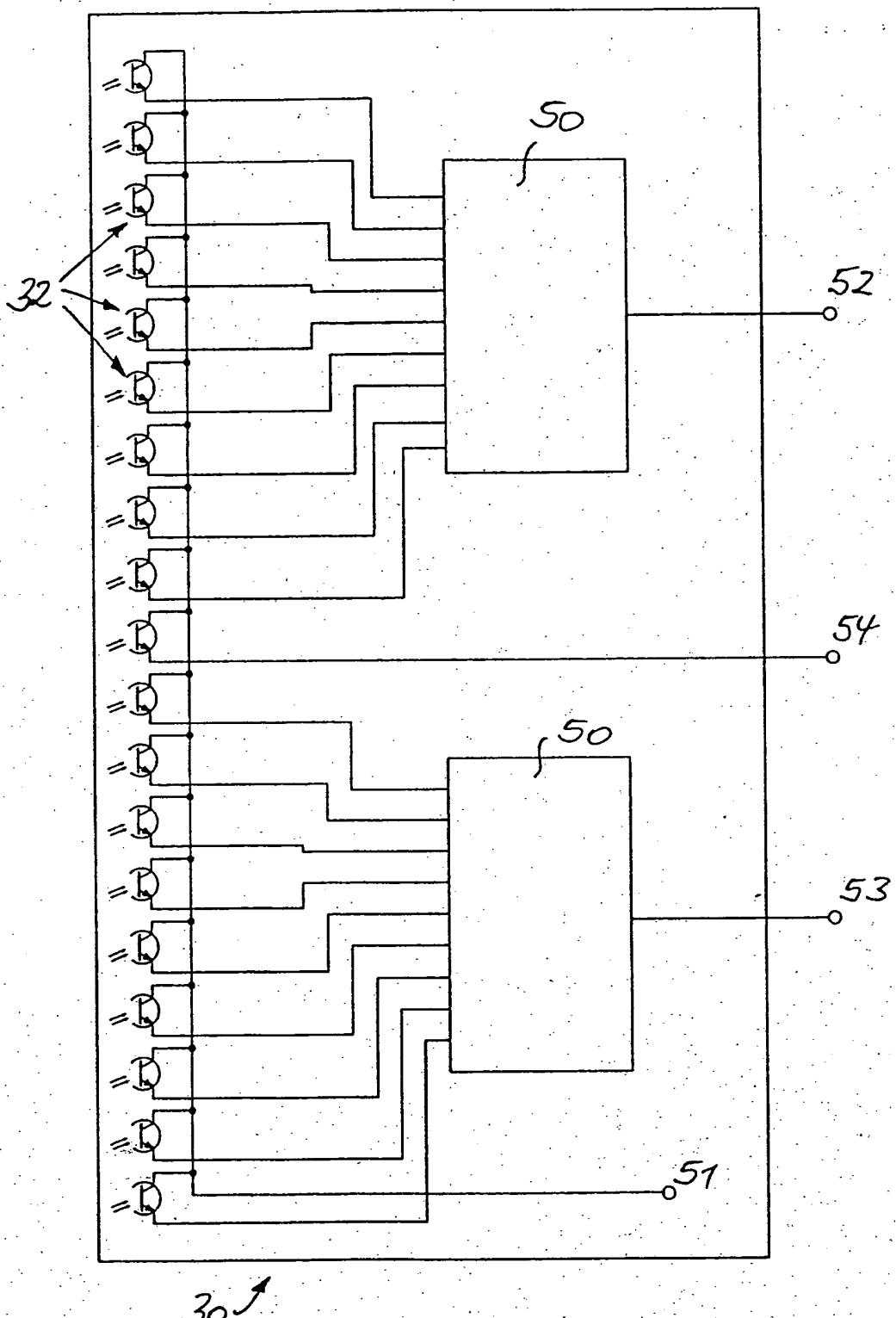


Fig. 14



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**